

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 3918412 A1**

⑳ Aktenzeichen: P 39 18 412.9  
㉔ Anmeldetag: 6. 6. 89  
㉕ Offenlegungstag: 8. 2. 90

㉙ Int. Cl. 5:  
**G 02 B 21/00**  
G 02 B 21/18  
G 02 B 27/10  
G 02 B 27/28

DE 3918412 A1

㉓ Unionspriorität: ㉔ ㉕ ㉖  
03.08.88 DD WP G 02 B/318645

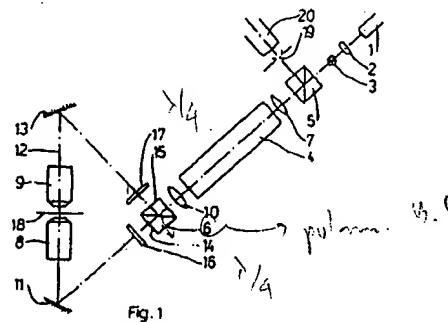
㉗ Anmelder:  
Jenoptik Jena GmbH, DDR 6900 Jena, DD

㉚ Erfinder:  
Schöppe, Günter, DDR 6908 Jena, DD

2101  
s Branch

㉛ **Rastermikroskop für Durch- und Auflicht**

Das Rastermikroskop für Durch- und Auflicht besitzt, in Lichtrichtung gesehen, vor und hinter einer Strahl-Scanning-Einrichtung 4 je einen polarisationsoptischen Strahlenteiler 5 und 6, wobei der hintere Strahlenteiler 6 in den Strahlengang ein- und ausschaltbar ist. Dem Strahlenteiler 6 unmittelbar in den beiden Strahlengängen nachgeordnet sind je eine  $\lambda/4$ -Platte 16 und 17. Es sind ferner zwei zur Objektebene 18 symmetrisch angeordnete, zueinander zentrierte Objektive 8; 9 und 25; 26 im Strahlengang des Rastermikroskops vorgesehen.



DE 3918412 A1

Die Erfindung betrifft ein Rastermikroskop für Durch- und Auflicht, welches mit einer Laserlichtquelle ausgerüstet ist und insbesondere zur Untersuchung feinsten Strukturen und kontrastarmer Objekte auf allen Gebieten der Mikroskopie Anwendung findet. Hierzu gehören insbesondere die Gentechnologie, Immunologie, Halbleiterforschung und -technologie und andere Gebiete.

Für konvokale Rastermikroskopanordnungen die gleich gut für Auf- und Durchlichtuntersuchungen geeignet sein sollen, muß die extreme Forderung, daß ein erster Laserfokus und ein sogenannter kohärenter Empfänger auf Bruchteile des Auflösungsvermögens des Mikroskopes fest miteinander über lange Zeiträume zentriert bleiben müssen, ständig erfüllt sein.

Für einen reinen Auflichtbetrieb lassen sich derartige Mikroskopanordnungen dadurch realisieren, daß von der Umkehrbarkeit der Lichtwege Gebrauch gemacht und das am Objekt reflektierte Licht bis kurz vor dem kohärenten Empfänger auf demselben Wege zurückgeführt wird, den das beleuchtende Licht durchlaufen hat. Auf diese Weise kompensieren sich alle Instabilitäten des Strahlenganges, und das zurückkehrende Licht trifft immer zentrisch den kohärenten Empfänger (DE-PS 30 37 983 und EP-PS 01 67 410).

Konvokale Durchlicht-Rastermikroskope haben sich wegen der technischen Schwierigkeiten bisher nicht durchgesetzt. Eine derartige Anordnung ist in der EP-PS 01 68 983 beschrieben und arbeitet mit einem sogenannten Objektschanning. Die extremen Anforderungen an die Dynamik des Objektschanners erlauben nur die Untersuchung in einem relativ eng begrenzten Massenbereich, so daß derartige Einrichtungen nicht universell eingesetzt werden können.

Es ist eine Mikroskopanordnung vorgeschlagen worden, bei welcher zwar Durch- und Auflicht-Objektschanning unter Verwendung ein und desselben Scanners durchgeführt werden können, es ist aber dazu ein sehr komplizierter, in zwei Achsen arbeitender Scanner erforderlich. Dabei durchläuft der Abbildungsstrahlengang über die gesamte Länge (bis auf das Objektiv bei Auflicht) andere Wege als das beleuchtende Licht. Daraus ergeben sich weiterhin extreme Anforderungen an die Stabilität des gesamten Aufbaus.

Es ist das Ziel der Erfindung, die Nachteile des Standes der Technik zu beseitigen und den Aufbau der für Durch- und für Auflicht verwendbaren Rastermikroskope zu vereinfachen und deren Gebrauchswert zu erhöhen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Rastermikroskop für Durch- und Auflicht zu schaffen, bei dem unabhängig von der Beleuchtungsart die gleiche normale, prinzipiell bekannte Scanneranordnung benutzt werden kann und bei der der Abbildungsstrahlengang für beide Beleuchtungsarten über die maximale Anzahl von optischen Bauelementen denselben Weg in entgegengesetzter Richtung durchläuft wie das beleuchtende Licht.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe bei einem Rastermikroskop für Durch- und Auflicht mit einem Laser als Lichtquelle, dessen Strahlung in einem vorgegebenen Azimut polarisiert ist, mit einer, vor einem fotoelektrischen Empfänger konfokal zur Objektebene angeordneten Blende, mit einer Strahl-Scanning-Einrichtung und zwei gegeneinander symmetrisch zur Objektebene angeordneten, zur optischen Achse zentrierten Objekti-

ven sowie mit, im das Objekt beleuchtenden und im zurückgeführten Strahlengang angeordneten Umlenkelementen, dadurch gelöst,

daß, in Lichtrichtung gesehen, vor der Strahl-Scanning-Einrichtung ein erster und hinter der Strahl-Scanning-Einrichtung ein zweiter polarisationsoptischer Strahlenteiler und hinter den beiden Lichtaustrittsflächen des zweiten Strahlenteilers je eine  $\lambda/4$ -Platte vorgesehen sind,

daß in den, durch den zweiten Strahlenteiler erzeugten Lichtwegen den Polarisationszustand der Strahlenbündel nur unwesentlich beeinflussende Umlenkelemente derart angeordnet sind, daß die beiden, den zweiten Strahlenteiler passierenden Strahlenbündel auf demselben optischen Wege gegenläufig durch die Objektive geführt werden,

und daß der zweite polarisationsoptische Strahlenteiler in den Strahlengang ein- und ausschaltbar ist.

Mit dieser Einrichtung wird erreicht, daß mit wenigen optischen Bauelementen und unabhängig von der Beleuchtungsart der Abbildungsstrahlengang über die maximale Anzahl von Bauelementen denselben Weg in entgegengesetzter Richtung durchläuft wie das beleuchtende Lichtbündel im Beleuchtungsstrahlengang. Diese Einrichtung bietet ferner den Vorteil, daß durch den Azimut der Polarisationssebene beleuchtendes und von Objekt beeinflusstes Licht unterschieden sind und durch den ersten Strahlenteiler kurz vor der konfokal zur Objektebene angeordneten Blende voneinander getrennt werden können, wobei wesentliche Teile des Strahlenganges gemeinsam von beleuchtendem und beeinflusstem Licht durchlaufen werden, so daß Instabilitäten in diesem Teil der Einrichtung sich nicht nachteilig auswirken. Damit werden auch die Stabilitäts- und Justieranforderungen der Einrichtung auf ein Minimum reduziert.

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. In der Zeichnung zeigt

Fig. 1 schematisch den Strahlengang der Einrichtung und

Fig. 2 eine weitere Variante der Strahlenführung nach der Strahl-Scanning-Einrichtung.

Wie in Fig. 1 dargestellt, wird ein, in einem vorgegebenen Azimut polarisierter Laserstrahl, der aus einem, als Lichtquelle dienenden Laser 1 austritt, durch eine Linse 2 in der Ebene 3 fokussiert. In Lichtrichtung gesehen vor einer nachgeordneten Strahl-Scanning-Einrichtung 4 sind ein erster polarisationsoptischer Strahlenteiler 5 und nach der Strahl-Scanning-Einrichtung 4 ein zweiter polarisationsoptischer Strahlenteiler 6 im Strahlengang des Rastermikroskopes vorgesehen, wobei der erste Strahlenteiler 5 so orientiert ist, daß der Polarisationsazimut des durchgelassenen Strahles oder Strahlenbündels mit dem des Lasers 1 übereinstimmt und demzufolge das Licht den Strahlenteiler 5 ungehindert passieren kann. Eine Linse 7 bildet die Ebene 3 wieder ins Unendliche ab. Ferner weiten die Linsen 2 und 7 das den Laser 1 verlassende Strahlenbündel auf den erforderlichen Durchmesser auf. In der Strahl-Scanning-Einrichtung 4 wird das Strahlenbündel je nachdem, welchen Bildpunkt es in der Objektebene 7 der beiden Objektive 8 und 9 treffen soll, um den erforderlichen Winkel mit bekannten Mitteln, wie Schwingspiegel, Planparallelplatte oder ähnlichen Elementen, abgelenkt. Eine Tubuslinie 10 bildet den in der Strahl-Scanning-Einrichtung 4 entstandenen Laserfokus ins Unendliche ab.

Bei der Beleuchtung eines in der Objektebene 18 lie-

genden Objektes im Durchlicht durchsetzt das beleuchtende Strahlenbündel den zweiten Strahlenteiler 6, dessen Transmissionsazimut mit dem Polarisationsazimut des beleuchtenden Strahlenbündels übereinstimmt, nahezu verlustlos und gelangt über ein Umlenkelement 11 in das Objektiv 8 und wird in der Objektebene 7 fokussiert. Durch das Objektiv 9 wird der in der Objektebene 18 fokussierte Laserfokus wieder ins Unendliche abgebildet. Die beiden Objektive 8 und 9 sind gegeneinander symmetrisch zur Objektebene 18 und zur optischen Achse 12 zentriert in Strahlengang angeordnet. Über ein, dem Objektiv 9 nachgeordnetes Umlenkelement 13 gelangt das Strahlenbündel wieder in den Strahlenteiler 6, hinter dessen beiden Austrittsflächen 14 und 15 je eine  $\lambda/4$ -Platte 16 und 17 angeordnet ist. Durch die beiden  $\lambda/4$ -Platten 16 und 17 oder durch eine einzige, am Ort der  $\lambda/4$ -Platte 17 angeordnete  $\lambda/2$ -Platte (in Fig. 1 und 2 nicht dargestellt) wird in bekannter Weise der Polarisationsazimut des betreffenden Strahlenbündels um  $90^\circ$  gedreht, so daß das in den zweiten Strahlenteiler 6 eintretende Strahlenbündel in dem Azimut schwingt, in dem es optimal reflektiert wird. Über die Tubuslinie 10, die Strahl-Scanning-Einrichtung 4 und die Linse 7 gelangt das in der Polarisationssebene um  $90^\circ$  zum beleuchtenden Strahlenbündel gedrehte Licht in den ersten Strahlenteiler 5 und wird dort optimal in Richtung einer zur Ebene 3 konjugierten Punktblende 19 umgelenkt. In der Ebene dieser Punktblende 19, die vorteilhaft unmittelbar vor einem fotoelektrischen Empfänger 20 angeordnet ist, kommt ein ortsfester Laserfokus zustande, dem Informationen von der, in der Objektebene 18 durchstrahlten Objektstelle aufgeprägt sind. Durch den Empfänger 20 werden elektrische Signale erzeugt, aus denen die Informationen über das Objekt gewonnen werden können. Sind die Objektive 8 und 9 zueinander zentriert und zur Objektebene 18 fokussiert und die Umlenkelemente 11 und 13 symmetrisch zur Objektebene 18 geneigt, so durchläuft das vom Objekt beeinflusste Licht in den Bauteilen 4; 5; 6; 7 und 10 denselben optischen Weg wie das Licht des beleuchtenden Strahlenbündels.

Bei der Beleuchtung des in der Objektebene 18 angeordneten Objektes im Auflicht wird der zweite Strahlenteiler 6, der in Lichtrichtung hinter der Strahl-Scanning-Einrichtung 4 angeordnet ist, aus dem Strahlengang herausgenommen, so daß das die Einrichtung verlassende, die Tubuslinse 10 und die  $\lambda/4$ -Platte 16 passierende Strahlenbündel über das Umlenkelement 11 durch das Objektiv 8 in der Objektebene 18 fokussiert wird. Das vom Objekt reflektierte Strahlenbündel durchläuft in entgegengesetzter Richtung wieder das Objektiv 8, wird am Umlenkelement 11 reflektiert und passiert abermals die  $\lambda/4$ -Platte 16. Damit ist seine Polarisationssebene, wie für den Fall der Beleuchtung im Durchlicht beschrieben, um  $90^\circ$  gedreht, und das zurückkehrende Strahlenbündel kann an dem polarisationsoptischen ersten Strahlenteiler 5 optimal in Richtung der Punktblende 19 und des Empfängers 20 reflektiert werden.

Fig. 2 zeigt den Strahlengang eines Rastermikroskopes nach der Strahl-Scanning-Einrichtung 4 und der Tubuslinse 10, der in Lichtrichtung ein polarisationsoptischer Strahlenteiler 21 und ein  $90^\circ$ -Umlenkprisma 22 im Strahlengang folgen. Über Umlenkelemente 23 und 24 und einer  $\lambda/4$ -Platte 27, die das Licht jeweils um  $90^\circ$ , wird im Durchlicht das Strahlenbündel durch das Objektiv 25 in der Objektebene 18 fokussiert. Das vom Objekt beeinflusste Strahlenbündel gelangt über das

Objektiv 26, über die Umlenkelemente 28 und 29 und über die  $\lambda/4$ -Platte 30 in das Umlenkprisma 21 und wird dort durch den Strahlenteiler 21 und die bereits bei der Beschreibung der Fig. 1 genannten weiteren Bauelemente zum fotoelektrischen Empfänger 20 weitergeleitet. Auch bei dieser Anordnung sind die Objektive 25 und 26 symmetrisch zur Objektebene 18 und zueinander zentriert angeordnet.

Für die Beleuchtung im Auflicht wird der Strahlenteiler 21 aus dem Strahlengang entfernt. Das Licht durchläuft dann das Umlenkprisma 22 und die  $\lambda/4$ -Platte 30, wird an den Umlenkelementen 28 und 29 zum Objektiv 26 hin reflektiert und trifft auf die Objektebene 18 mit dem Objekt. Das durch das Objekt beeinflusste Licht durchläuft denselben Weg in entgegengesetzter Richtung bis zum fotoelektrischen Empfänger 20 (in Fig. 2 nicht dargestellt).

#### Patentanspruch

Rastermikroskop für Durch- und Auflicht mit einem Laser als Lichtquelle, dessen Strahlung in einem vorgegebenen Azimut polarisiert ist, mit einer, vor einem fotoelektrischen Empfänger konfokal zur Objektebene angeordneten Blende, mit einer Strahl-Scanning-Einrichtung und zwei gegeneinander symmetrisch zur Objektebene angeordneten, zur optischen Achse und zueinander zentrierten Objektiven sowie mit, im das Objekt beleuchtenden und im zurückgeführten Strahlengang angeordneten Umlenkelementen, dadurch gekennzeichnet,

daß, in Lichtrichtung gesehen, vor der Strahl-Scanning-Einrichtung (4) ein erster (5) und hinter der Strahl-Scanning-Einrichtung (4) ein zweiter polarisationsoptischer Strahlenteiler (6) und hinter den beiden Strahlaustrittsflächen (14; 15) des zweiten Strahlenteilers (6) je eine  $\lambda/4$ -Platte (16; 17) vorgesehen sind,

daß in den, durch den zweiten Strahlenteiler (6) erzeugten Lichtwegen den Polarisationszustand der Strahlenbündel nur unwesentlich beeinflussende Umlenkelemente (11; 13) derart angeordnet sind, daß die beiden, den zweiten Strahlenteiler (6) passierenden Strahlenbündel auf demselben optischen Wege gegenläufig durch die Objektive (8; 9) geführt werden,

und daß der zweite polarisationsoptische Strahlenteiler (6) in den Strahlengang ein- und ausschaltbar ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

